

ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ

Прва меѓународна научна конференција
„Влијанието на научно – технолошкиот развој во
областа на правото, економијата, културата,
образованието и безбедноста во
Република Македонија“



Скопје 20-21 декември 2013

ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ: Прва меѓународна научна конференција
„Влијанието на научно – технолошкиот развој во областа на правото, економијата,
културата, образованието и безбедноста во Република Македонија“

Организатор: Институт за дигитална форензика
Универзитет „Евро-Балкан“ - Скопје

Уредник: Проф.д-р Сашо Гелев

Издавач: Универзитет „ЕВРО-БАЛКАН“ Скопје
Република Македонија
www.euba.edu.mk

CIP - Каталогизација во публикација
Национална и универзитетска библиотека "Св. Климент Охридски", Скопје
001.3:330/378(497.7)(063)
МЕЃУНАРОДНА научна конференција (1 ; 2013 ; Скопје)
Влијанието на научно-технолошкиот развој во областа на правото,
економијата, културата, образованието и безбедноста во Република
Македонија : зборник на трудови / Прва меѓународна научна
конференција, Скопје 20-21 декември, 2013 ; [уредник Сашо Гелев]. -
Скопје : Универзитет "Евро-Балкан", 2014. - 706 стр. : граф. прикази
; 24 см

Дел од текстот на англиски јазик. - Библиографија кон трудовите
ISBN 978-608-4714-05-7

а) Научен развој - Општествени науки - Македонија - Излагања на
конференции
COBISS.MK-ID 95578634

Сите права ги задржува издавачот и авторите

Програмски одбор

- Проф. д-р Павлина Витанова, ЕВРО-БАЛКАН, копретседател;
- Проф. д-р Сашо Гелев – Електротехнички факултет Радовиш
Универзитет Гоце Делчев Штип, Република Македонија
копретседател
- Проф. Влатко Чингоски, Електротехнички факултет Радовиш
Универзитет Гоце Делчев Штип, Република Македонија
- Проф. д-р Лада Садиковиќ, Факултет за криминалистика,
криминологија и безбедност, Универзитет во Сараево;
- Проф. д-р Здравко Скакавац, Факултет за правне и пословне студии,
Универзитет УССЕ, Нови Сад;
- Проф. Д-р Божо Крстајиќ, Електротехнички факултет - Подгорица,
Црна Гора
- Доц. д-р Марјан Николовски, Факултет за безбедност, Универзитет
Св. Климент Охридски, Битола, Република Македонија
- Доц. д-р Ненад Танески, Војна академија, Скопје, Република
Македонија
- Проф. д-р Гордан Калаџиџев, Правен факултет, Универзитет Св. Кирил
и Методиј – Скопје, Република Македонија
- Доц. д-р Митко Богданоски, Војна академија Скопје, Република
Македонија
- Доц. д-р Роман Голубовски, Електротехнички факултет Радовиш
Универзитет Гоце Делчев Штип, Република Македонија
- Проф. Д-р Драган Михајлов, УКИМ; Република Македонија
- Д-р Никола Протрка, Полициска академија, Загреб, Република
Хрватска
- Проф. Д-р Тони Стојановски, Австралија
- Д-р Зоран Нарашанов, Винер осигурување, Скопје, Република
Македонија
- Проф. Д-р Стефан Сименов, Академија за внатрешни работи на
Република Бугарија

Организациски одбор

- Проф. д-р Сашо Гелев, претседател;
- Проф. д-р Павлина Стојанова, член;
- Проф. д-р Александар Даштевски, член;
- Доц. д-р Вангел Ноневски, член
- Доц. д-р Јорданка Галева
- М-р Славко Гавриловски, секретар;
- Валентина Гоцевска, член;
- Игор Панев, член;
- Ивана Крајчиновиќ, член
- Драгана Каровска, член

Примена на Математичката Морфологија кај процесирање на сигнали

Резиме: Повеќедимензионалното сигнал процесирање традиционално се базира на концептите на линеарните системи и фуриевата трансформација, како и на трансформации за слични намени. И покрај широка апликативност постојат домени (како процесирањето на слика) каде не можат да ги решат фундаменталните проблеми на квантификација на облиците и геометриската структурираност на сигналите. Математичката морфологија (ММ) како базирана на множества нуди моќна методологија за процесирање на слики со можност за ригорозни квантификации на одредени аспекти на геометриските структурираности на сигналите, на начин компатибилен со човечката интуитивност и перцепција. ММ техниките се базираат на теоријата на множества, нелинеарните суперпозиции на сигнали и на посебна класа нелинеарни системи познати како морфолошки. Поради тоа, ММ има широка примена во биомедицината, електронската микроскопија, процесирањето и анализата на дигиталните слики, како и во автоматизираната визуелна инспекција. Индустриските апликации на наведените техники континуирано се забрзуваат со новитетите во компјутерските технологии. ММ внесува нов принцип на процесирање на сликата, базиран на облици – преку елиминирање на небитните детали и потенцирање на посакуваните! Притоа, ММ типично ја тестира 2D сликата со специјално дизајнирана шема наречена структурирачки елемент (SE) која помага во екстракцијата на саканите детали. Трудот илустрира апликација на ММ во доменот на процесирање на 1D сигнали, поконкретно на ЕКГ сигнали кои се морфолошки целосно детерминирани, и преку препознавање на клучниот параметар – базната изоелектрична линија, после што е овозможено препознавање на сите параметри за стандардната ЕКГ дијагностика.

Клучни зборови: Математичка морфологија, ЕКГ, DSP, процесирање слика

1. Вовед

Повеќедимензионалното сигнал процесирање традиционално се темели на концептите и теоријата на линеарни системи и фуриеровата трансформација (и останатите трансформации дефинирани за слични намени). Иако овие класични приоди дале огромен допринос во примената,

сепак во некои домени на апликацијата како процесирањето на слика и слични сигнали нивниот ефект е недоволен, бидејќи не ги адресираат директно фундаменталните проблеми на квантификација на облиците или геометриските структури во сигналите. Од друга страна, Математичката Морфологија (ММ) која се базира на теоријата на множества (set theory), претставува сет-ориентирана методологија за анализа на слика (image) која може *ригорозно* да квантифицира одредени аспекти од геометриската структура на начин кој е компатибилен со човековата интуиција и перцепција. Овој методолошки пристап кој се темели на теоријата на множества, интегралната геометрија, конвексната анализа, стереологијата и геометриската пробабилистика е една од најмладите математички дисциплини развиена од Matheron и Serra во шеесетите години, а за потребите на конкретна проблематика и апликации.

Техниките на Математичката Морфологија се базираат на сет-ориентирани концепти, на нелинеарни суперпозиции на сигнали и на класа на нелинеарни системи кои се нарекуваат *морфолошки*. Следствено, терминот Математичка Морфологија подразбира многу погенерално значење кое се однесува на комплетното тело на фундаменталната теорија на морфолошките системи и на хеуристиката и алгоритмите корелирани со конкретните апликации на теоријата во специфичните области. Математичката Морфологија веќе широко се користи во биомедицината и електронската микроскопија во областа на анализата на слика и претставува драгоцен алатка во многу компјутер висион апликации, особено во областа на автоматизираната визуелна инспекција. Индустриските апликации на наведените техники особено се *забрзани* со постојаниот развој и подобрувања од модерните компјутерски архитектури кои ги имплементираат морфолошките трансформации (МТ). Меѓутоа, и покрај мноштвото успешни апликации и длабоката и елегантна математичка структура, Математичката Морфологија дури во последно време е предмет на интерес на академското истражување, а генералноста на пристапот сеуште не е соодветна ценета.

Конкретно, Математичката Морфологија дефинира нов приод во процесирањето на дигиталните слики кој е базиран на формата (shape). Исправно аплицирани, морфолошките операции тежат да ја *упростат* сликата презервирајќи ги нејзините есенцијални карактеристики и елиминирајќи ги *ирелевантностите*. Со други зборови, Математичката Морфологија применета во 2D просторот на дигиталните слики овозможува потенцирање односно извлекување на саканите карактеристики или облици од обработуваните слики и елиминација на карактеристиките кои вообичаено се третираат како шум. Техниките со кои се реализира така дефинираната методологија се темелат на испитување на структурата на сликата преку споредување на истата со мали pattern-и на различни локации од истата. Со варијабиланизација на димензиите и обликот на

предефинираните pattern-и кои во морфолошката терминологија се викаат *структурирачки елементи* (structuring element - SE), може да се извлечат саканите информации за облиците на различните делови од сликата и нивните меѓу-релации. Генерално, процедурата резултира во нелинеарни оператори за анализа на геометриската и тополошката структура на сликата.

Иницијално, Математичката Морфологија е развиена за анализа на бинарните слики (црно-бели или бит-мапи) кои можеле да се претстават како множества. Соодветните морфолошки оператори доволни за тој домен се пресек, унија, комплементација и транслација. Потребите меѓутоа бараат генерална теорија, доволно моќна да се бави со објекти како подмножества во тополошкиот (векторски) простор, конвексни множества во истиот и грес-сале (не-бинарни) слики. Притоа истата не се бави само со 2D просторот, туку е апликациилна генерално во n-димензионалниот евклидски простор, но објаснување на истата е најефектно преку примерите од 2D просторот (обработка на слики) како интуитивно најблиско за луѓето.

2. ММ дефиниции и оператори

Јазикот на Математичката Морфологија е оној на теоријата на множества. Сомножества во ММ се претставуваат облиците манифестирани на црно-белите илисиво-нијансираните (grey tone) слики. Множеството на сите црни пиксели на бинарната (црно-белата) слика комплетно ја опишува истата. Значи, множествата во 2D евклидскиот простор ги дефинираат објектите на бинарните слики. Множествата во 3D евклидскиот простор може да ги дефинираат подвижните бинарни слики (додадена е временската компонента), бинарни (црно-бели) тела или пак сивите (grey scale) слики. Множествата во повеќедимензионалните евклидски простори имплицираат додатни информации врзани за сликите како боја, повеќекратни перспективи итн. Во општ случај Математичката Морфологија е апликациилна на множествата од било кој N-димензионален евклидски простор, односно неговиот дискретен или дигитализиран еквивалент - множество целобројни N-торки (R^N или Z^N). Заради упростување нека множествата од обата се адресирани со E^N . Точките од множеството кои трпат морфолошка трансформација го формираат множеството *селектирани* точки X, а оние во комплементарното множество X^C се *неселектирани*. Следствено, морфологијата гледана од аспектот на овие појдовни дефиниции е бинарна.

Суштината на ММ е да извлече геометриска информација за X преку тестирање со помош на помало множество кое се *нарекува структурирачки елемент* (SE), во секоја точка (позиција) $h \in E$. Пример за морфолошки оператор е hit-or-miss операторот кој служи за тестирање на множеството X со множеството A транслирано за векторот h (A_h):

$$A_h = \{a+h \mid a \in A\}$$

Под *тестирање* се подразбира дали множеството A_h го *погодува* (hits) X (односно $A_h \cap X \neq \emptyset$), го *промашува* (misses) X (односно $A_h \cap X = \emptyset$) или *лежи* комплетновнатре во X (односно $A_h \subseteq X$). Hit-or-miss операторот е всушност мапирање вопросторот на бинарни слики во E . Илустрација е дадена на слика 1.

Слика 1: Hit-or-miss оператор за дискретна слика



SE (лево) очигледно е дефиниран како долна лева ивица која треба да сепотенцира на сликата (во средина), а десно е резултатот.

Математичката Морфологија е богата со конзистентна теоретска основа и оператори чија реализација се сведува на бинарни логички (2D) или векторски операции (3D). Најкористени се *дилатација* и *ерозија*, како и нивните консекутивни апликации *отворање* и *затворање*.

Дилатација (dilation) е морфолошка трансформација која комбинира две множества користејќи операција на векторско собирање на множества. Ако A и B семножества дефинирани во E^N со елементи a_i и b_i респективно, тогаш дилатација на A со B е множеството од сите можни векторски суми од парови елементи, по еден од A и B . Формална дефиниција: нека A и B се подмножества во E^N . Дилатација на A со B се означува со $A \oplus B$ и се дефинира на следниот начин:

$$A \oplus B = \{c \in E^N \mid c = a + b \quad \forall [a \in A \wedge b \in B]\}$$

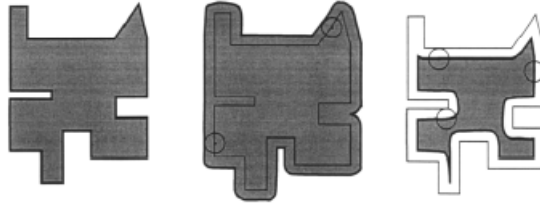
Ерозија (erosion) е морфолошкиот комплемент (dual) на дилатацијата. Тоа е морфолошка трансформација која комбинира две множества користејќи операција на векторско одземање. Ако A и B се множества во E^N просторот, тогаш ерозија на A со B е множеството на сите елементи x за кои $x + b \in A$ за секое $b \in B$. Ако неформален термин за дилатацијата е *ширење* тогаш ерозијата е позната како *собирање* (shrink). Формална дефиниција: ерозијата на A со B се означува со $A \ominus B$ и се дефинира на следниот начин:

$$A \ominus B = \{x \in E^N \mid x + b \in A \quad \forall b \in B\}$$

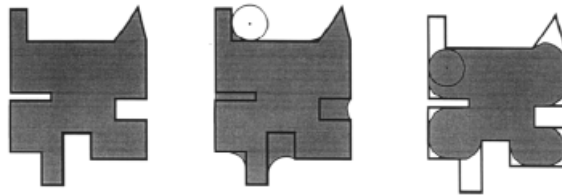
На слика 2 се дадени дилатација и ерозија на 2D објект. Импликација на дефинициите и особините на дилатацијата и ерозијата е нивната дуалност (комплементарност). Имено, тоа што едната од нив им го прави на објектите на сликата (foreground), другата и го прави на позадината (background). Во практичната примена, операциите на дилатација и ерозија обично секористат во парови - сукцесивно едната после другата (слика 3). Без разлика на одбраната варијанта, резултат на таквата апликација е секогаш елиминација на специфичен детал од сликата кој е помал од димензиите на SE, а притоа се

презервира глобалната геометрија и нејзините нетангирани особини без изобличувања.

Слика 2: Илустрација на дилатација и ерозија со SE диск



Слика 3: Илустрација на затворање и отворање со SE диск



Отворањето на слика со SE во облик на диск ги заоблува контурите, ги пресекува тенките *превлаки* и ги елиминира малите *островчиња* и острите *шпицови*. Притоа SE лизга по внатрешноста на објектите. Затворањето на слика со SE во облик на диск ги заоблува контурите, ги спојува *прекинувањата* и долгите тесни *заливи* и ги елиминира малите *дупки* односно ги пополнува тесните *процети*. Притоа SE лизга по надворешните контурина објектите.

Важна особина на итеративната употреба на дилатацијата и ерозијата е *идемпотентноста*. Имено, повторувањето на процесот не врши дополнителни модификации. Практичното значење на идемпотентните трансформации е конечност на обработката, односно во првата апликација се добива *оптималниот* резултат. Морфолошкото филтрирање на слика со употреба на отворање/затворање кореспондира со идеален (не-реализибилен) BP (band-pass) филтер од аспект на конвенционалното линеарно филтрирање. Штом еднаш сликата е идеално BP филтрирана, натамошно BP идеално филтрирање нема да го промени резултатот.

Формална дефиниција за *отворање*: отворање на сликата B со структурирачки елемент K се означува и дефинира на следниот начин:

$$B \circ K = (B \ominus K) \oplus K$$

Формална дефиниција за *затворање*: затворање на сликата B со структурирачкиот елемент K се означува и дефинира на следниот начин:

$$B \bullet K = (B \oplus K) \ominus K$$

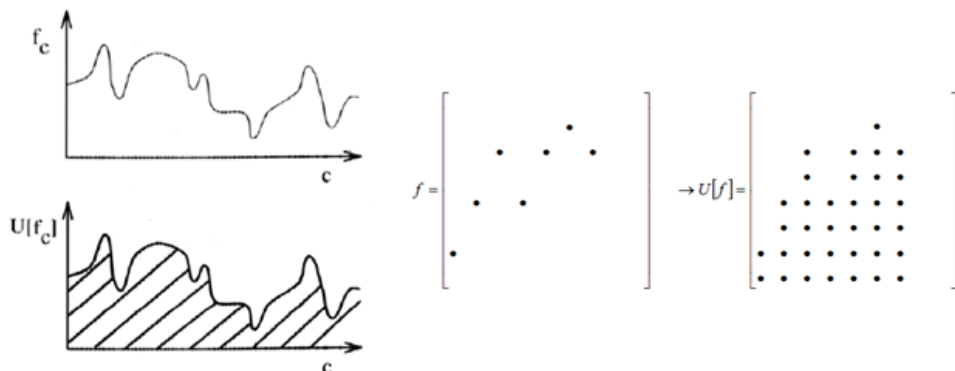
Со други зборови отворањето претставува сукцесивна операција на ерозија и дилатација со истиот SE, а затворањето на дилатација и ерозија со истиот

SE.Притоа, ако B остане непроменето по отворањето со K , се нотира дека B е *отворено* за K , а ако B остане непроменето по затворањето со K - B е *затворено* за K .

3. Имплементација на 1D сигнали

Бинарните морфолошки операции на дилатација, ерозија, отворање изатворање кај 1D сигналите се предефинираат(прошируваат) со употреба на \min и \max функциите. Запотребите на екстензијата дефиниран е концептот на *сенка* (умбра) на површина под *врвот* (top) на функцијата. Поимот "сенка" не соодветствува сосема со смислата на терминот "умбра" кој се однесува на покриената површина од страна на множеството точки (максимумот, врвот). Сега дилатацијата се дефинира како површина од дилатацијата на умбрите. Од компјутатиски аспект, вака дефинираната дилатација опфаќа операција на наоѓање максимум и множество од операции на собирање. Аналогно, ерозијата опфаќа операција на минимум и множество операции на одземање.

Слика 4: Концепт на умбра (umbra) кај континуални и дискретни функции



Треба да се напомене дека комплетната умбра е неограничена од доле, значи оди према $-\infty$. Значи, дилатацијата на две функции може да се дефинира како површина на дилатациите од нивните умбри. За поедноставна реализација на пресметковниот алгоритам може да се искористи теорема која установува дилатацијата може да се реализира преку барање на \max во множество на суми, што имплицира комплексност од редот на онаа на конволуција но наместо сумирање на производи се бара само \max од суми:

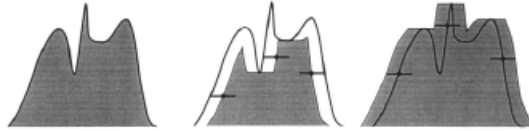
$$(f \oplus k)(x) = \max \{ f(x-z) + k(z) \} \rightarrow z \in K \wedge (x-z) \in F$$

Реализацијата на ерозијата се постигнува со барање на \min во множество од разлики. Така нејзиниот алгоритам ја има истата комплексност како оној за дилатацијата и неговата форма потсеќа на корелација со сумирање на корелација заменета со операција за \min и производ од корелација заменет со операција за одземање. Тогаш за ерозијата и нејзината реализација следи респективно:

$$(f \ominus k)(x) = \min \{ f(x+z) - k(z) \} \rightarrow z \in K$$

На слика 4 дадена е илустрација на двете обработкисо SE рамна отсечка (од интерес за процесирање на ЕКГ сигналите).

Слика 5: Ерозија и дилатација на 1D сигнал со умбра и рамен SE елемент



Операциите на отворање и затворање остануваат исти и кај 1D апликациите - sukcesивни имплементации на ерозијата и дилатацијата.

4. Пример апликација на ММ обработка на ЕКГ сигнали

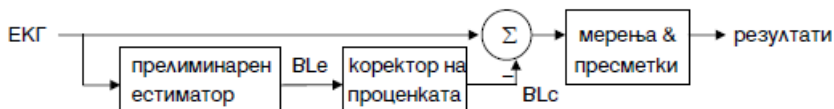
Карактеристики на типичните ЕКГ аквизирани сигнали (стрипови)се:

- нефилтрирана мрежна интерференција (50/60Hz)
- нискофреквентен ЕМГ дрифт на базната линија како резултат на *нандисциплинираност* на пациентите (хиперактивност кај бебиња)
- екстремно високи срцеви фреквенции (HR)
- нелинеарни изобличувања идеградации *стекнати* преди при аквизицијата (AD/DA)

Фундаменталниот инженерски проблем кај автоматизираната ЕКГ дијагностика е да се одреди прецизно базната линија (BL) на ЕКГ трагите. Со задоволителна проценка на истата и секако минимизација на шумовите и деградациите, потоа преостанува само да се определат морфолошките моменти за отчитување на потребните дефлексии (напонски амплитуди) и релативни времиња за пресметување на неопходните сегменти и интервали.

На слика 5 е даден алгоритмот за проценка на BL. Блокот за проценка на базната линија (BL estimator) ја дава прелиминарната BLe со примена на морфолошките оператори на отворање изатворање темелени на нивните примитиви - ерозијата и дилатацијата. Блокот за корекција на BL, имајќи ги предвид физиолошките закони за генезата на ЕКГ сигналот ги утврдува корективните точки од TP сегментите на *изоелектричниот мирна* миокардот (срцевиот мускул) и така ја дава конечната рафинирана базна линија BLc. Истата сеодзема од оригиналниот сигнал и се добива ЕКГ стрип со елиминирани нискофреквентен шум и ЕМГ тремор (вообичаено респираторната мускулатура). Ваквиот сигнал е сеуште деградиран со мрежната интерференција и нелинеарните изобличувања поради A/D конверзијата при аквизицијата. Сепак, блокот за мерење и пресметување на морфолошките параметри темелен на предефинираните физиолошки ограничувања може успешно ја реализира својата задача.

Слика 5: Алгоритам на Морфолошкиот филтер за обработка на ЕКГ



Согласно дефинициите на MM, со обликот и димензиите на SE се извлекува одредена карактеристика од обработуваниот сигнал преку потенцирање на истата. Бидејќи се работи за 1D сигнал и се потенцира изоелектричната линија (BL), за SE е избран *рамен* (flat) елемент со вредности - нула и со само една димензија - должината. Должината е клучен параметар на филтерот (MF) и одредува кој дел од спектарот на ЕКГ сигналот ќе *помине*. Ако со f (множеството N точки) и k (множеството M точки) се означат дискретните низи на дигитализираниот ЕКГ сигнал и избраниот SE респективно, каде доменот е множеството цели броеви (integer-и поради дигитализацијата) и избирливо SE е значително помал од стрипот, тогаш ерозијата на f со k и дилатацијата на f со k се дефинираат респективно на следниот начин:

$$(f \ominus k)(m) = \min f(m+n) - k(n) \rightarrow m = 0, \dots, N-M$$

$$(f \oplus k)(m) = \max f(n) + k(m-n) \rightarrow m = M-1, M, \dots, N-1$$

Притоа, ерозијата како *смалувачки* (shrinking) оператор секогаш продуцира вредности помали од оние на еродираниот сигнал, а дилатацијата како *експандирачки* (expansion) оператор секогаш продуцира вредности поголеми од оние на дилатираниот сигнал.

На слика 6 е дадена илустрација на обработките врз ЕКГ сигналот аквизиран со 1000 S/s и $SE=50$ S.

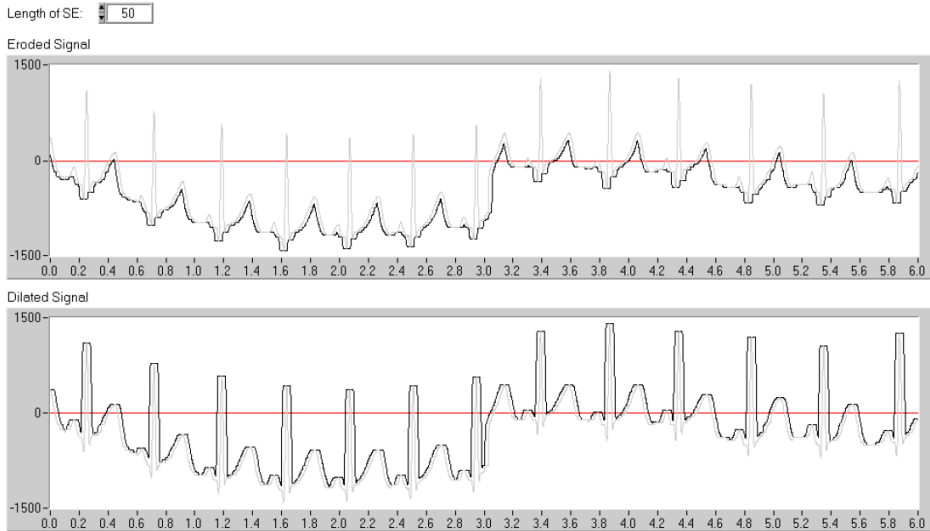
Процедурата за операцијата на ерозија е следната:

1. се поместува SE (k) со должина m на наредниот елемент од оригиналот (f)
2. се одзема SE од соодветната подница на оригиналот
3. се утврдува \min од сите m разлики и таа вредност му се доделува на елементот од оригиналот кој во подницата ја има позицијата на коренот во SE (најчесто средниот елемент, бидејќи е таква праксата)

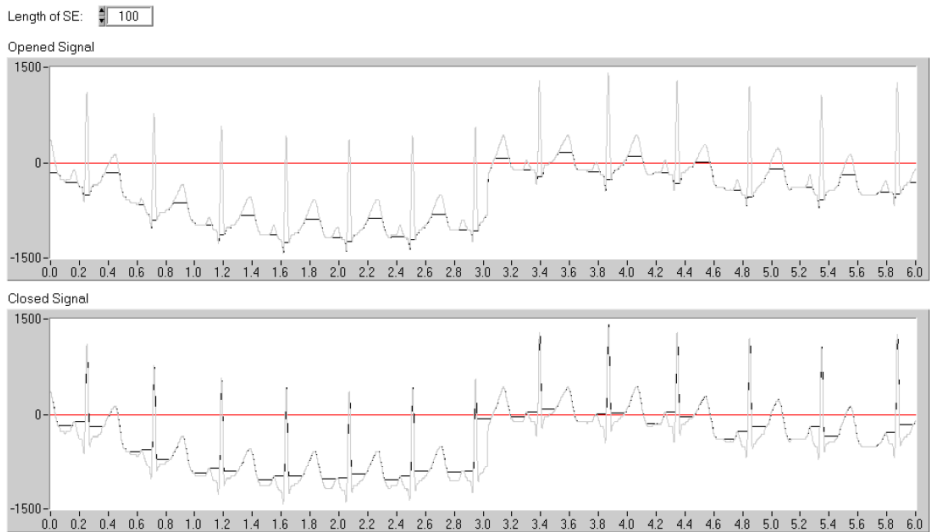
Процедурата за операцијата на дилатација е следната:

1. се ротира лево-десно SE
2. се поместува на наредниот елемент од оригиналот
3. се собира SE со соодветната подница од оригиналот
4. се утврдува \max од сите m суми и таа вредност му се доделува на тековниот елемент од оригиналот

Слика 6: Ерозија и дилатација на 6sec ЕКГ стрип со SE=50 семпли



Слика 7: Отворање и затворање на истиот сигнал со SE=100 семпли

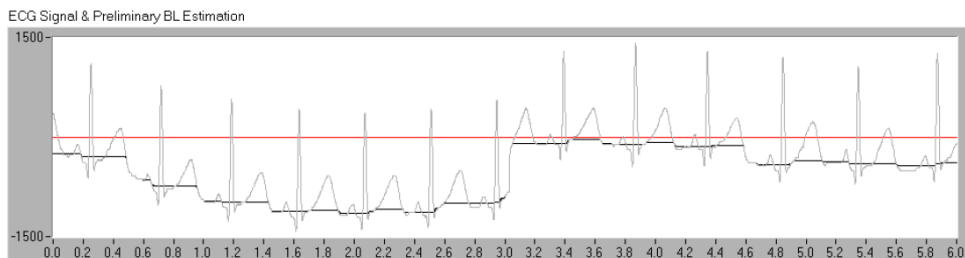


За потребите на филтрирањето на ЕКГ сигналот мора да се внимава на морфолошките компоненти - да не бидат елиминирани! Поради тоа конечната проценка на BL мора да се реализира при утврдена точна срцева фреквенција HR. Затоа, првата проценка BLe се реализира со некаква претпоставена HR која секогаш доволно добро го пегла сигналот за да може практично без грешка да се уврди точната HR. Потоа, имајќи ја предвид клиничката статистика за физиолошките лимити на морфолошките

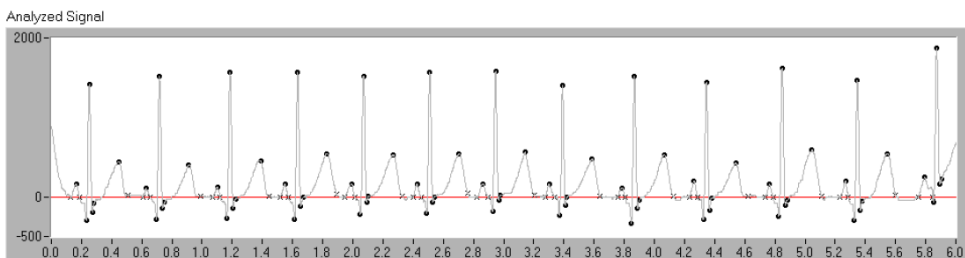
параметри на ЕКГ сигналот може прецизно да се утврдат моментите од интерес.

На слика 8 е дадена корегираната BLc за истиот ЕКГ сигнал, а на слика 9 комплетната анализа на стрипот со применети клинички искуства.

Слика 8: Проценка на корегираната BL



Слика 9: Анализираниот комплетен ЕКГ стрип



5. Заклучок

Математичката морфологија претставува моќна алатка не само за подрачјето за кое е измислена (процесирање на 2D слики) туку и за 1D сигнали. Особено ако се работи за морфолошки детерминирани, што нуди можност за искористување на целосниот капацитет на ММ технолозијата - екстракција на детали кои со конвенционалните методологии е практично невозможно да се извечат.

Илустрираната апликација за автоматизирана ЕКГ дијагностика која во содејство со експертен систем наоѓа реална примена, во целост ја покажува моќта на оваа перспективна методологија.

6. Литература

1. J.Serra, "Introduction to Mathematical Morphology", *Computer Vision, Graphics & Image Processing*: vol. 38, no. 3
2. D.Wang and D.C.He, "A Fast Implementation of 1-D Grayscale Morphological Filters", *IEEE Trans. on Circuits & Systems - II: Analog & Digital Signal Processing*, vol. 41, no. 9
3. P.Maragos and R.W.Schafer, "'Morphological Systems for Multidimensional Signal Processing"